

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開2003-173672

(P2003-173672A)

(43) 公開日 平成15年6月20日 (2003.6.20)

(51) Int.Cl. ⁷	識別記号	F I	テームコード* (参考)
G 1 1 C 11/15	1 8 0	G 1 1 C 11/15	1 8 0
	1 2 0		1 2 0
	1 4 0		1 4 0

審査請求 未請求 請求項の数 1 O L (全 12 頁)

(21) 出願番号 特願2002-331788(P2002-331788)

(22) 出願日 平成14年11月15日 (2002.11.15)

(31) 優先権主張番号 09/998216

(32) 優先日 平成13年12月3日 (2001.12.3)

(33) 優先権主張国 米国 (U S)

(71) 出願人 398038580

ヒューレット・パカード・カンパニー

HEWLETT-PACKARD COM

PANY

アメリカ合衆国カリフォルニア州パロアル

ト ハノーバー・ストリート 3000

(72) 発明者 ルン・ティー・トラン

アメリカ合衆国カリフォルニア州95070,

サラトガ, ウッドブリー・コート・5085

(74) 代理人 100063897

弁理士 古谷 馨 (外3名)

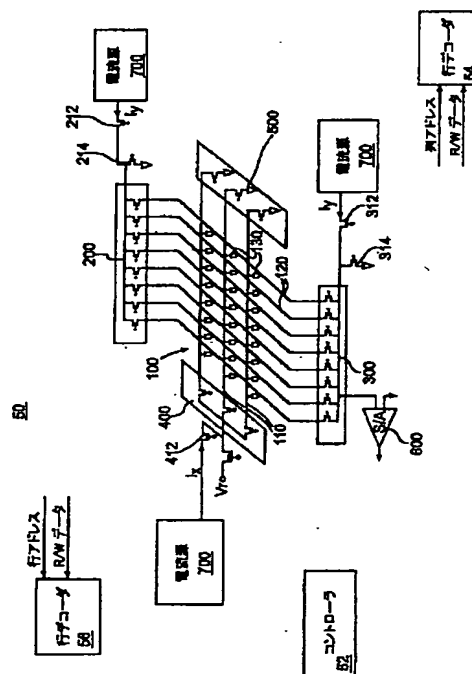
最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 メモリアレイ内の温度変動に対する書き込み電流による補償

(57) 【要約】

【課題】 メモリアレイ内の保磁力の変化を正確に補償することができるメモリデバイスを提供する。

【解決手段】 本発明のメモリデバイス(50)は、基板を有するメモリアレイ(100)、基板上に配置されたメモリセル(130)のアレイ、メモリセル(130)に結合された行導体(110)及び列導体(120)を備える。メモリデバイス(50)は、また、メモリアレイ(100)の温度変化に応答する可変の書き込み電流を生成する電流源(700,800)を備える。可変の書き込み電流は、アレイの温度が変化するに従い変化するメモリセル(130)の保持力の変化を調整するように生成される。電流源(700,800)は、書き込み電流を正確に調整することができるようにするために、電流センサに対して連続的かつ即時に出力を提供する温度センサ(750,850)を備えることができる。メモリデバイス(50)の動作を停止して電流源を較正する必要はない。



1

【特許請求の範囲】

【請求項1】メモリデバイス(50)であって、メモリアレイ(100)と、第1の電流源(700、800)と、第2の電流源(700、800)とを備え、前記メモリアレイ(100)は、基板と、該基板上に配置されるメモリセル(130)のアレイ(100)と、前記メモリセル(130)に結合される複数の第1の導体(110)と、前記メモリセル(130)に結合される複数の第2の導体(120)とを備え、前記第1の導体(110)は前記第2の導体(120)と前記メモリセル(130)において交差し、前記第1の電流源(700、800)は、前記第1の導体(110)に選択的に結合され、選択された第1の導体(110)に第1の書込み電流を与えることが可能であり、前記第1の電流源は、前記メモリアレイ(100)の温度を検知するために配置される第1の温度センサ(750、850)を備え、前記第1の温度センサ(750、850)は、前記第1の書込み電流を調整し、前記メモリアレイ(100)内の温度変動を補償するための出力を与え、前記第2の電流源(700、800)は、前記第2の導体(120)に選択的に結合されることからなる、メモリデバイス。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】本発明の技術分野は交点メモリデバイス(交差点メモリデバイスともいう。尚、本明細書においては、デバイスには装置も含まれる)である。より具体的には、本発明の技術分野は、メモリアレイ内の温度変動の結果として生じる保磁力変化を補償するために、書込み電流を変化させる書込み回路を有するメモリデバイスである。

【0002】

【従来の技術】磁気ランダムアクセスメモリ(MRAM)は1つの提案されているタイプの不揮発性メモリである。MRAMデバイスからのデータのアクセスは、ハードドライブのような従来の長期記憶デバイスからのデータのアクセスよりはるかに速い。図1は、行導体14と列導体16との交点に配置された抵抗性メモリセル12を有する従来のMRAMメモリアレイ10を示す。各メモリセル12は、「1」および「0」の二値状態を格納することができる。

【0003】図2は従来のMRAMメモリセル12を示す。メモリセル12はピン止め層(pinned layer:ピン止めされた層)24および自由層(フリー層)18を含む。ピン止め層24は、矢印26によって示される、固定された向きを有する磁化を有する。自由層18の磁化

2

は、双方向の矢印28によって示されており、自由層18の「容易軸」に沿った2つの方向のうちのいずれかに向けられることができる。自由層18およびピン止め層24の磁化が同じ方向である場合には、メモリセル12の向きは「平行」である。それらの磁化が逆方向である場合には、向きは「逆平行」である。2つの向きはそれぞれ「1」および「0」の二値状態に対応する。自由層18およびピン止め層24は、絶縁性トンネル障壁層20によって分離される。絶縁性トンネル障壁層20によって、自由層18とピン止め層24との間に、量子力学的トンネル効果が生じることが可能になる。このトンネル効果は電子スピン依存であり、このため、メモリセル12の抵抗は、自由層18およびピン止め層24の相対的な磁化の向きの関数になる。

【0004】メモリアレイ10内の各メモリセル12は、書込み動作によって変更される二値状態を有することができる。選択されたメモリセル12において交差する行導体14および列導体16に供給される書込み電流 I_x および I_y が、ピン止め層24に対して平行と逆平行との間で自由層18の磁化を切り替える。列導体16を通して電流 I_y が流れる結果として磁界 H_x が生じ、行導体14を通して電流 I_x が流れる結果として磁界 H_y が生じる。磁界 H_x と H_y は合成されて、メモリセル12の磁化の向きを平行から逆平行に切り替える。電流 I_x とともに電流 $-I_y$ を加えて、メモリセル12(の磁化)を平行に戻すことができる。

【0005】メモリセル12の状態を平行から逆平行に、あるいはその逆に切り替えるために、 $+/-H_x$ および H_y によって生成される合成磁界は、メモリセル12の臨界切替え磁界(critical switching field) H_c よりも大きくなる。 I_x および I_y のための電流の大きさは、 H_x および H_y が小さすぎると、選択されたメモリセル12の向きが切り替わらないので、注意深く選択されなければならない。 H_x および H_y が大きすぎると、選択されたメモリセル12の行導体14あるいは列導体16上のメモリセル12が、単独で作用する H_x あるいは H_y のいずれか一方の作用によって切り替えられる場合がある。これらの選択されないメモリセル12は、「半分選択された」メモリセルと呼ばれる。

【0006】1つのアレイを動作させ、周囲温度が変化することにより、そのアレイの温度が変動し、それによりメモリセルの保磁力が変化するようにになるので、従来のMRAMアレイにおいては問題が生じる。メモリセルの保磁力の変化は、臨界切替え磁界 H_c を変化させ、それはさらに、セルの状態を切り替えるために必要とされる磁界 H_x および H_y を変化させる。この条件によって、 I_x または I_y 単独の作用に起因して半分選択されたメモリセルの行全体または列全体がプログラムされることになる可能性が高くなるか、あるいは書込み電流 I_x および I_y が選択されたメモリセルを切り替えるには

3

不十分になる可能性が高くなる。

【0007】

【発明が解決しようとする課題】それゆえ、本発明の目的は、メモリアレイ内の保磁力の変化を正確に補償することができるメモリデバイスを提供することである。本発明の別の目的は、過度に複雑にすることなく、保磁力の変化を補償することができるメモリデバイスを提供することである。

【0008】

【課題を解決するための手段】第1の態様によれば、メモリデバイスは、基板と、基板上に配置されるメモリセルのアレイと、メモリセルに結合される複数の行導体と、メモリセルに結合される複数の列導体とを有するメモリアレイを含む。また、そのメモリデバイスは、メモリアレイ内の温度変化に応じて、可変の書込み電流を生成する1つあるいは複数の電流源も含む。可変書込み電流は、アレイの温度が変化する場合のメモリセルの保磁力の変化を吸収または調整するように生成される。電流源は、電流源によって生成される書込み電流を正確に調整できるようにするために、継続的に直ちに出力を与えることができる温度センサを含む。

【0009】第1の態様によれば、電流源は、温度センサからの出力に応じて、アレイ内の温度変動を自動的に補償することができる。電流源を較正するために、メモリデバイスの動作を停止する必要はない。また、第1の態様によれば、出力を生成するために温度センサによって用いられる温度が書込み電流の生成と同時に得られるので、電流源は書込み電流に対して正確な調整を行うことができる。

【0010】また、第1の態様によれば、書込み電流の調整を、温度センサからのアナログ入力によって行うことができる。書込み電流を調整するためにデジタル処理が必要とされないため、メモリデバイスの複雑さが低減される。

【0011】第2の態様によれば、メモリデバイスにおいて書込み電流を生成する方法は、温度センサに第1の電圧を印加するステップと、書込み電流が複数の導体のうちの1つに流れるようにするステップと、電流源において温度センサからの出力を受信するステップと、温度センサからの出力に応じて書込み電流を調整するステップとを含む。

【0012】第2の態様によれば、デバイスの動作を停止することなく、生成される書込み電流を調整することができる。出力を生成するために温度センサによって用いられる温度を書込み電流の生成と同時に得ることができるので、その書込み電流はメモリアレイ内のメモリセルを切り替えるのに適している。さらに、書込み電流を、書込みプロセスの複雑さを低減するアナログ動作を用いて生成することができる。

【0013】他の態様および利点は、添付の図面と共

4

に、以下の詳細な説明から明らかになるであろう。

【0014】

【発明の実施の形態】以下に添付の図面を参照して本発明の詳細な説明を行う。なお、図面において、同じの参照番号は同じまたは同様の構成要素を指している。

【0015】メモリデバイスにおける温度変動を補償するために可変の書込み電流を与えることができるメモリデバイスを、好ましい実施形態および図面を用いて説明する。

【0016】図3はメモリデバイス50の概略図である。メモリデバイス50は、コントローラ52と、列デコーダ54と、行デコーダ56と、メモリアレイ100と、書込み選択スイッチのバンク200と、読出し/書込み選択スイッチのバンク300と、読出し/書込み選択スイッチのバンク400と、書込み終了選択スイッチのバンク500と、センス増幅器600と、電流源700とを含む。メモリデバイス50は3つの同じ電流源700を有するものとして示されているが、電流源の他の実施形態を、メモリデバイス50の1つあるいは複数の場所において用いることができる。電流源の実施形態については、図7～図10を参照して詳細に後述する。

【0017】コントローラ52は、メモリデバイス50の読出しおよび書込み動作を制御する。コントローラ52は行デコーダ56に接続され、行デコーダ56に、読出し/書込み(R/W)データおよびアドレスデータを含むコマンドを送信する。行デコーダ56はスイッチバンク400および500内のスイッチのゲートに接続され、コントローラ52からの命令にしたがってスイッチを開閉する。同様に、コントローラ52は列デコーダ54に接続され、列デコーダ54はスイッチバンク200および300内のスイッチのゲートに接続される。メモリデバイス50のスイッチはトランジスタとして示されている。しかしながら、たとえば、FETやMOSFETスイッチのようなスイッチ、および他のスイッチを用いることもできる。

【0018】メモリアレイ100はメモリデバイス50のためのデータを格納する。メモリアレイ100では、行導体110が水平な行方向に延在し、列導体120が垂直な列方向に延在する。行導体110は、メモリセル130において列導体120と交差する。各メモリセル130は、1または0のいずれかの二値状態を格納することができる。図3には、説明のために、24個のメモリセル130において交差する、3行の行導体110と8列の列導体120が示されている。実際には、たとえば、1024×1024以上のメモリセルのアレイを使用することができる。

【0019】書込み選択スイッチのバンク200は、列導体120を、電流源700からの列書込み電流 I_y に、または、スイッチ214を介してグランド(アース)に選択的に接続する。バンク200に接続される電

10

20

30

40

50

5

流源700は、列書込み電流源として機能する。スイッチ212は、列書込み電流源700を、書込み選択スイッチのバンク200に選択的に接続する。読出し／書込み選択スイッチのバンク300は、列導体120を、電流源700からの列書込み電流 I_y に、またはスイッチ314を介してグラウンドに選択的に接続する。またバンク300は、列導体120をセンス増幅器600にも選択的に接続する。バンク300に接続される電流源700は、列書込み電流源として機能する。読出し／書込み選択スイッチのバンク400は、行導体110を、スイッチ414を介して読出し電圧 V_r に、またスイッチ412を介して行書込み電流 I_x に選択的に接続する。書込み終了選択スイッチのバンク500は、行導体110をグラウンドに選択的に接続する。バンク400に接続される電流源700は行書込み電流源として機能する。

【0020】1の状態、すなわち逆平行状態をメモリアレイ100内のメモリセル130に書き込むために、バンク200に接続された電流源700から、選択されたメモリセル130が配置される列の列導体120に、列書込み電流 I_y が供給される。同時に、行書込み電流 I_x が、選択されたメモリセル130が配置される行の行導体110に供給される。書込み電流 I_x および I_y によって生成される磁界 H_x および H_y は合成されて、メモリセル130の二値状態を0から1に変化させる。0の状態をメモリセル130に書き込むために、行書込み電流 I_x が上記のように加えられ、列書込み電流 I_y が、バンク300に接続された電流源700から加えられる。バンク300に接続された電流源700からの書込み電流 I_y を「 $-I_y$ 」とみなすことができ、バンク200に接続された電流源700からの書込み電流 I_y を「 $+I_y$ 」とみなすことができる。

【0021】メモリデバイス50の動作中に、書込み電流 I_x および I_y はメモリアレイ100内に熱を生成する。さらに、メモリデバイス50内の関連する回路が熱を生成する。変化する周囲温度とともに、これらの要因によって、メモリデバイス50の温度が変動するようになる。温度が変化することにより、メモリセル130の保磁力、それゆえ臨界切替え磁界 H_c が、デバイス50の動作中に変動するようになる。図3に示すメモリデバイス50では、電流源700が保磁力の変化を補償するために変動する可変書込み電流 I_y 、 I_x を生成する。電流源700は、温度センサを含むことができ、または、電流源700を温度センサに接続することができる。温度センサは、メモリアレイ100の温度を検出し、電流源700に出力を与える。温度センサからの出力は I_x および I_y を調整し、メモリセル130内の保磁力の変化を補償する。保磁力と温度との間の関係を、図4を参照して以下に説明する。

【0022】図4は、メモリセル130のための保磁力、すなわち臨界切替え磁界 H_c 対温度のグラフであ

6

る。メモリセル130を逆平行から平行に切り替えるための臨界切替え磁界 H_c は、温度が増加するとともに減少する。メモリセル130を平行から逆平行に切り替えるための臨界切替え磁界 H_c は、温度が増加するとともに増加する。いずれの場合においても、 H_c の大きさは温度が増加するとともに減少する。図4に示されるデータは、二値状態間の切替えの対称性を示すシミュレーションデータである。書込み電流 I_x および I_y がメモリアレイ100内の選択されたメモリセル130に加えられる場合のような、メモリデバイス50の動作中に、メモリアレイ100の温度は変動するであろう。それゆえ、メモリアレイ100内の温度変動により、必要とされる書込み電流 I_x および I_y が変化する。

【0023】図5は、メモリセルの抵抗と、メモリセルをプログラムするために用いられる書込み電流との関係を示す、メモリセル切替え曲線のグラフである。実線は、1および0の状態がメモリセルに書き込まれる際の室温におけるメモリセルについての相対的な抵抗値を示す。破線は、高温におけるメモリセルについての相対的な抵抗値を示す。

【0024】図6は、温度変動に対する書込み電流 I による補償を示すプロセス図である。書込み電流 I は I_x または I_y を表すことができる。構成要素10として記号的に表されている温度センサは、加算装置（または加算器）16において、公称書込み電流14と加算される。補償された電流12を生成するための入力を与える。書込み電流 I の生成については以下でさらに詳述する。

【0025】図7は、温度センサ750を含む電流源700の一実施形態の概略図である。電流源700は、図3に示される電流源700のうちの任意のものに対応させることができる。電流源700は、温度センサ750からの出力を用いて、温度センサ750からの出力に回答して変化する可変電流 I を与える。図7では、温度センサ750からの出力は、温度センサ750の両端の電圧 V である。可変電流 I は、温度センサ750によって検出されるアレイ100内の温度変動に起因して生じるメモリセル130内の保磁力変動を補償するように変化する。可変電流 I には、電流源700が行導体に接続されるか、列導体に接続されるかに応じて、行書込み電流 I_x または列書込み電流 I_y のいずれかを用いることができる。電流源700は、行導体110または列導体120に対応させる（または一致させる）ことができる導体に接続されるものとして示されている。抵抗 R_1 は、選択された行導体110または列導体120の抵抗を示している。

【0026】また電流源700は、設定公称電流回路760と、出力電流回路770を含む。設定公称電流回路760は、バイアス電圧 V_{BIAS} を与えるためのプログラマブルデジタル-アナログ変換器(DAC)76

10

20

30

40

50

7

2を含む。バイアス電圧 V_{BIAS} は、抵抗 R_2 を通してトランジスタ764のエミッタに接続される。温度センサ750は、温度が変化するのに応じて抵抗を変化させる n 個の能動デバイス（アクティブデバイス）752を含む。温度センサ750の両端の電圧 V は、トランジスタ764のベースに接続される。能動デバイス752の数 n は、トランジスタ764における電圧 V が、メモリセル130の保磁力の変化を補償するために機能するように選択される。出力電流回路770は、トランジスタ764のコレクタに流れ込む電流 I_{REF} をミラーリングして、書込み電流 I を生成するためのカレントミラー774を含む。

【0027】電流源700は以下のように動作する。電圧 V_{DD} が温度センサ750および出力電流回路770に印加される。DAC762からのバイアス電圧 V_{BIAS} が、公称動作温度における公称動作電流 I_{REF} を設定する。たとえば、選択されたメモリセル130に書込みを行うために書込み電流 I が生成されることになる場合には、DAC762によって、低いバイアス電圧 V_{BIAS} が生成される。書込み電流 I を生成するために電流源700が用いられていない場合には、イネーブル制御線740によって、 V_{BIAS} を高い電圧値に設定することができる。DAC762はコントローラ52（図3を参照）に接続されることができ、選択されたメモリセル130に書込みが行われるときに、コントローラ52からコマンドを受信することができる。DAC762は、メモリアレイ100内の温度変動を補償するために V_{BIAS} を変更するようにプログラムされる必要はない。代わりに、 V_{BIAS} を、メモリアレイが所定の公称温度であるときに、選択されたメモリセル130をプログラムするのに適するように選択される I_{REF} のための公称値を生成するように設定することができる。トランジスタ764のベースにおいて検知される温度センサ750の両端の出力電圧 V が、メモリアレイ100の現在の温度にしたがって公称 I_{REF} を調整する。その後、カレントミラー774において電流 I_{REF} に対するミラー電流が生成され、導体110または120に書込み電流 I として加えられる。電流 I_{REF} を適切に調整するために、温度センサ750の両端の電圧 V は、メモリアレイ100の温度が変動する際に、メモリセル130の保磁力の変化にしたがって変化する。

【0028】上記の実施形態では、トランジスタ764は、電流 I_{REF} を調整する制御要素として動作する。トランジスタ764は、 I_{REF} を調整するためにベース-エミッタ間電圧 V_{BE} （すなわち、 V_{BE} 「ON」）を使用する三端子デバイスとして示されている。しかしながら、他の制御要素を用いることもできる。

【0029】上記の実施形態によれば、電圧 V の作用によって、書込み電流 I がメモリアレイ100内の温度変

8

動を自動的に補償する。それゆえ、書込み電流源700を較正するために、メモリデバイス50の動作を停止する必要はない。さらに、書込み電流 I を調整するために用いられるアレイ100の温度は、メモリセル130の現在の温度である。

【0030】温度センサ750の両端の電圧 V を、温度センサ750に対する能動デバイス752（このデバイスは、ある既知の特性を有する）の数 n を適切に選択することにより、メモリセル130の保磁力の変化に応じて変化するように構成することができる。能動デバイス752の数 n の選択について以下で説明する。

【0031】図7では、能動デバイス752はダイオードとして示されている。ダイオードの両端の電圧 V_{BE} は、式（1）にしたがって変化することがわかっている。

【数1】

$$\frac{\partial V_{BE}}{\partial T} = k_1 \frac{mV}{C} \quad (1)$$

ただし、 V_{BE} はダイオードの両端の電圧（ V_{BE} 「ON」）であり、 k_1 はダイオードの特性に依存する定数である。

【0032】一実施形態では、シリコン V_{BE} ダイオードの場合に、 $k_1 = -2$ である。抵抗 R_2 には、たとえば薄膜抵抗を用いることができる。薄膜抵抗は式（2）にしたがって変動することがわかっている。

【数2】

$$\frac{\partial R}{R \cdot \partial T} = k_2 \frac{ppm}{C} \quad (2)$$

ただし、 k_2 は薄膜抵抗を製造するために用いられる材料およびプロセスに依存する定数である。

【0033】一実施形態では、薄膜抵抗 R_2 について、 $k_2 = 1500$ である。図7から、 n 個のダイオード間の電圧降下 V は以下のとおりである。

$$V = n \cdot V_{BE} \quad (3)$$

【0034】電流 I_{REF} は、カレントミラーによって生成されるような電流 I に基本的に等しい。すなわち、

【数3】

$$I_{REF} \cong I \quad (4)$$

である。

【0035】それゆえ、 I_{REF} は以下のように表すことができる。

【数4】

$$I_{REF} = I = \frac{(n-1) \cdot V_{BE} - V_{BIAS}}{R_2} \quad (5)$$

ただし、 V_{BIAS} はDAC762によって供給されるバイアス電圧である。

【0036】それゆえ、温度 T に対する電流 I の変化は

以下のように表すことができる。

$$\frac{\partial I}{\partial T} = \left[\frac{(n-1)}{R_2} \frac{\partial V_{BE}}{\partial T} \right] - \left[\frac{(n-1) \cdot V_{BE} - V_{BIAS}}{R_2} \right] \cdot \frac{\partial R_2}{R_2 \cdot \partial T} \quad (6)$$

【0037】アレイ100の温度Tに対する電流Iの変化率を、温度Tに対するメモリセル130の保磁力、すなわちHcの変化率の実験的な測定値によって決定することができる。図4は、アレイ100について $\partial I / \partial T$ を計算するために用いることができる、保磁力対温度データの一例である。

【0038】一旦、保磁力の変化率が決定されたなら、必要とされる書込み電流の変化率 $\partial I / \partial T$ を計算することができる。必要とされる書込み電流Iの変化とメモリセル130の保磁力の変化との間の較正係数も、実験データによって決定することができる。それゆえ、能動デバイスの数nは、式(6)を用いて求めることができる。

【0039】温度センサ750において、適切な数nの能動デバイス752を用いることにより、温度センサ750は、適切な出力電圧Vを、設定公称電流回路760に与える。それゆえ、設定公称電流回路760によって、書込み電流Iが、メモリアレイ100内の温度変動によって引き起こされる保磁力変動を補償するために直ちに調整されるようにすることができる。

【0040】温度センサ750は、メモリセル130の温度を検出することができるメモリデバイス50のどこにでも配置することができる。有利なことに、温度センサ750を、メモリアレイ100の下に配置することができる。たとえば、メモリデバイス50は半導体基板(図示せず)を含むことができ、温度センサ750は、メモリセル130の近辺の基板上に配置することができる、あるいは、基板にわたっての温度が比較的一様な場合には他の場所に配置することができる。図3を参照すると、各電流源700は個別の温度センサ750を含むことができ、または、共通の温度センサ750を、電流源700のうちの2つ以上に接続することができる。アレイ100の温度をアレイ100にわたって比較的一様にすることができ(または、そのような場合があり)、温度センサ750を、電流源700の一部として一体化することができる。それゆえ、温度センサをメモリセル130に近接して配置する必要はない。

【0041】上記の説明は、メモリセル130についての保磁力対温度の関数が、図4に示されるように、水平な線について対称であるものと仮定している。平行-逆平行および逆平行-平行切替え関数が、温度変動に対して非対称である場合には、電流源700は、選択されたメモリセル130に書き込まれることになる状態に応じて変化するバイアス電圧VBIASを用いることができる。

【0042】図7では、能動デバイス752はVBEダ

* * 【数5】

イオードとして示されている。そのダイオードは、アレイ100の温度を、電流源700によって用いるための出力に変換するための変換器として動作する。ダイオードに加えて、温度が変化するとともに抵抗が変化する他の能動デバイスを変換器として用いることもできる。別の変換器デバイスの例には、サーミスタ、ツェナーダイオードおよび薄膜抵抗が含まれる。これらのデバイスは、電流源700への出力を与えるために、単独で、あるいは他の温度検知変換器デバイスとともに用いることができる。

【0043】図8は温度センサ850を有する代替的な電流源800を示す。電流源800は、図3に示される電流源700の任意のものの代わりに用いることができる。電流源800は、温度センサ850からの出力を用いて、温度センサ850からの出力に応答する可変電流Iを与える。図8では、温度センサからの出力は、温度センサ850の両端の電圧Vである。可変電流Iには、行書込み電流Ixあるいは列書込み電流Iyのいずれかを用いることができる。

【0044】電流源800は、設定公称電流回路860と、出力電流回路870とを含む。設定公称電流回路860は、バイアス電圧VBIASを与えるためのプログラマブル(すなわち、プログラム可能な)DAC862を含む。バイアス電圧VBIASは、抵抗R2を介して、トランジスタ864のコレクタに接続される。温度センサ850は、アレイの温度が変化するのに応じて抵抗が変化するn個の能動デバイス852を含む。数nの選択については、詳細に後述する。温度センサ850の両端の電圧Vは、トランジスタ制御要素764のベースに接続され、温度が変動するのに応じてIREFを調整するように動作する。出力電流回路870は、トランジスタ864のエミッタから流れ出る電流IREFのミラー電流を生成するためのカレントミラー874を含む。

【0045】電流源800は以下のように動作する。電圧VDDが温度センサ850に印加される。VAの電圧が導体110、120に印加される。ここで、VAには、電流源800がメモリデバイス50においていかに用いられるかに応じて、VDDあるいはVDD/2のいずれかを用いることができる。

【0046】DAC862からのバイアス電圧VBIASは、電圧VDDが書込み電流Iを生成するために用いられることになるか否かを決定する。書込み電流Iを生成するために電流源800が用いられていない場合には、VBIASを、イネーブル制御線840によって高電圧値に設定することができる。DAC862は、コントローラ52(図3を参照)に接続されることがで

11

き、選択されたメモリセル130に書き込むときに、コントローラ52からコマンドを受信することができる。DAC862を、メモリアレイ100内の温度変動を補償するためにVBIASを変化させるようにプログラムする必要はない。代わりに、VBIASを、電流IREFのための公称値を生成するように設定することができる。トランジスタ864のベースにおいて検知される、温度センサ850の両端の出力電圧Vは、メモリアレイ100の現在の温度にしたがってIREFを調整する。その後、カレントミラー874において電流IREFに対するミラー電流が生成される。

【0047】上記の実施形態では、トランジスタ864は、温度変動を補償するために電流IREFを調整する制御要素として動作する。トランジスタ864は、ベースエミッタ間VBE電圧（すなわち、VBE「ON」）をIREFを調整するために用いる三端子デバイスとして示されている。しかしながら、他の制御要素を用いることもできる。

$$\frac{\partial I}{\partial T} = \frac{(V_{BIAS} - V_{DD})}{R_2^2} \cdot \frac{\partial R_2}{\partial T} + \frac{(n-1)}{R_2} \cdot \frac{\partial V_{BE}}{\partial T} - \frac{(n-1) \cdot V_{BE}}{R_2^2} \cdot \frac{\partial R_2}{\partial T} \quad (10)$$

【0052】 $\partial I / \partial T$ は以下のように書き直すことができる。 ※

$$\frac{\partial I}{\partial T} = \frac{(V_{DD} - V_{BIAS})}{R_2} \cdot \frac{\partial R_2}{\partial T} - \frac{(n-1)}{R_2} \cdot V_{BE} \cdot \frac{\partial R_2}{\partial T} + \frac{(n-1)}{R_2} \cdot \frac{\partial V_{BE}}{\partial T} \quad (11)$$

【0053】これらの式から、能動デバイス852の数nは、能動デバイス852および抵抗R2についての実験データおよび既知の特性を用いて計算することができる。

【0054】図9は、図3に示されるメモリデバイス50内のメモリアレイ100についての書込み動作を示す簡略化した図である。図9に示される書込み構成においては、電流源700および800のうちのいずれかを用いることができる。図9では、アレイ100内の左側にあるメモリセル130は、二値状態のうちの1を有するようにプログラムされ、右側にあるメモリセル130は二値状態のうちの0を有するようにプログラムされる。スイッチバンク200、300、400および500、ならびに図3からの他の構成要素は図9には示されていない。

【0055】アレイ100をプログラムするために書込み電流源700が用いられる場合には、グランド電位の電圧VAを用いることができる。アレイ100をプログラムするために書込み電流源800が用いられる場合には、図7および図8に示すように、導体110、120にVDDの電圧が印加される。電圧VDDを、図8に示すように、アレイ100の側面の、電流源800の場所とは反対側において、行導体110または列導体120に印加することができる。

12

*【0048】能動デバイス852の数nを以下のように選択することができる。図8から以下の式が得られる。

$$V = V_{DD} - n \cdot V_{BE} \quad (7)$$

【0049】Iは以下の式により計算することができる。

$$I = \frac{V_{BIAS} - (V + V_{BE})}{R_2} \quad (8)$$

【0050】それゆえ、以下の式が成り立つ。

$$I = \frac{V_{BIAS} - V_{DD} + (n-1) \cdot V_{BE}}{R_2} \quad (9)$$

【0051】温度に対する電流の変化は以下のように表すことができる。

※【数9】

※【数10】

30

【0056】図10は、メモリアレイ100についての代替的な書込み動作を示す簡略化した図である。図10では、行書込み電流Ixを生成するために、電流源700または800のうちのいずれかを用いることができる。二値状態のうちの1を書き込むために、電流源700を用いて、列書込み電流Iyを生成することができる。二値状態のうちの0を書き込むために、電流源800を用いることができる。列導体120に対する電流源700および800の選択的な接続は、スイッチ140によって達成することができる。

【0057】図10の概略図では、スイッチ140に接続される電流源700、800は、共通の温度センサとの接続を共有できることが有利である。この特徴は、アレイ100内の導体に電流源700、800を接続するスイッチの数を低減する。

【0058】図11は、メモリデバイス50の選択されたメモリセル130をプログラムするための書込み電流Iを生成するための方法を示す流れ図である。その方法を、図7に示した電流源700を参照して説明する。しかしながら、その方法は、図8に示される電流源800を用いて書込み電流Iを生成するためにも適合するものである。書込み電流Iを、書込み電流IxまたはIyとして用いることができる。

50 【0059】ステップS10では、温度センサ750に

13

電圧が印加され、ステップS12では、電流源700に電圧が印加される。温度センサ750および電流源700が図7に示されるように共通の電圧V_{DD}に接続される場合には、電圧の印加を同時に行うことができる。図7に示す実施形態では、電圧V_{DD}は、温度センサ750と出力電流回路770の両方に印加される。温度センサ750と出力電流回路770（または、電流源700）に印加される電圧を、メモリデバイス50の動作中に継続的に印加することができる。電流源700の出力は、選択された行導体あるいは列導体の一方の側に接続され、グラウンド電位はその選択された導体の他方の側に印加される。

【0060】ステップS14では、書込み動作がDAC762によって許可される（すなわち、イネーブルにされる）。コントローラ52（図3を参照）は、DAC762に、書込み電流Iが電流源700によって生成されることになることを示す信号を送信することにより、書込み動作を許可することができる。その後、DAC762は、V_{BIAS}を設定して、I_{REF}がトランジスタ制御要素764のコレクタに流れ込むようにすることができる。電流IおよびI_{REF}は、書込み動作を許可する結果として流れる。書込み電流Iは、基準電流I_{REF}をミラーリングすることにより（ミラー電流として）生成される。

【0061】ステップS16では、温度センサ750が、制御要素764に出力電圧Vを与える。電圧V_{DD}が、メモリデバイス50の動作中に温度センサ750に継続的に印加される場合には、電圧Vがトランジスタ764のベースにおいて保持されるであろう。また出力電圧Vは、メモリアレイ100の温度が変動する際に、連続的に変化するであろう。

【0062】ステップS18では、書込み電流Iが、トランジスタ764において受け取られる電圧Vにしたがって調整される。書込み電流Iは、出力電圧Vがトランジスタ制御要素764を介してI_{REF}に影響を及ぼすことにより調整される。このプロセスは個別のステップとして示されているが、実際には、温度センサ750からの出力電圧Vは書込み電流Iを連続的に調整するであろう。なぜなら、能動デバイス752の抵抗値がアレイの温度とともに連続的に変動することになるためである。

【0063】選択されたメモリセル130をプログラムするために、I_xおよびI_yとすることができる2つの書込み電流Iがそれぞれ行導体110および列導体120に沿って加えられる。上記の方法を用いて、I_xおよびI_yの両方を生成することができる。

【0064】書込み電流Iを生成するための上記の方法によれば、温度センサ750は、メモリアレイ100内の温度変動を補償するために、書込み電流Iが連続して調整されるようにする。それゆえ、その方法は、書込み

14

回路を較正するために、メモリデバイス50の動作を停止する必要はない。書込み動作が許可されると、書込み電流Iは、メモリアレイ100内の温度変動を補償するように自動的に調整される。

【0065】さらに別の利点として、アレイの温度の変動に対して電流源700を較正するために、書込み回路をプログラムし直す必要がない。一旦、温度センサ750が、メモリセル130の保磁力の変化を補償するように構成されたなら、メモリデバイス50は、較正することなく動作することができる。さらに、この方法によれば、現在の温度値を用いて、書込み電流Iを調整できるようになる。

【0066】図3に示すセンス増幅器600は、メモリデバイス50内のメモリセル130の二値状態を検出するためのセンシングデバイスの一例である。実際には、たとえば、トランスインピーダンスセンス増幅器（trans-impedance sense amplifier）、電荷注入センス増幅器（charge-injection sense amplifier）、差動センス増幅器、あるいはデジタル差動センス増幅器のような他のセンシングデバイスを用いることもできる。メモリセル130の二値状態を読み取るために、1つのセンス増幅器600が図3に示されている。実際には、メモリアレイに、さらに多くのセンシングデバイスを接続することができる。たとえば、メモリアレイ内の各列導体に対して1つの増幅器を設けることができる。

【0067】メモリアレイ内に0および1の状態を書き込むための電流に関する取り決めは自由であり、メモリデバイス50の任意の所望の用途に適合するように割り当て直すことができる。

【0068】メモリアレイ100において用いられるメモリセル130には、書込み電流に応答する任意のタイプのメモリセルを用いることができる。たとえば、巨大磁気抵抗（GMR）デバイス、磁気トンネル接合（MTJ）および他のタイプのメモリセルのようなメモリセルを、メモリアレイ100において用いることができる。

【0069】メモリデバイス50は、幅広い用途において用いられることができる。1つの用途は、MRAM記憶モジュールを有するコンピューティングデバイスである。MRAM記憶モジュールは、長期記憶のために1つあるいは複数のMRAMメモリアレイを含む場合がある。

【0070】MRAM記憶モジュールは、ラップトップコンピュータ、パーソナルコンピュータおよびサーバのような装置に使用することができる。

【0071】上記の実施形態による温度補償型電圧源を、メモリアレイとともに用いることもできる。

【0072】メモリデバイス50を典型的な実施形態を参照して説明したが、多くの変更形態が当業者には容易に明らかであり、本開示はそのような変形形態を網羅することを意図している。

15

【0073】以下においては、本発明の種々の構成要件の組み合わせからなる例示的な実施態様を示す。

1. メモリデバイス(50)であって、メモリアレイ(100)と、第1の電流源(700、800)と、第2の電流源(700、800)とを備え、前記メモリアレイ(100)は、基板と、該基板上に配置されるメモリセル(130)のアレイ(100)と、前記メモリセル(130)に結合される複数の第1の導体(110)と、前記メモリセル(130)に結合される複数の第2の導体(120)とを備え、前記第1の導体(110)は前記第2の導体(120)と前記メモリセル(130)において交差し、前記第1の電流源(700、800)は、前記第1の導体(110)に選択的に結合され、選択された第1の導体(110)に第1の書き込み電流を与えることが可能であり、前記第1の電流源は、前記メモリアレイ(100)の温度を検知するために配置される第1の温度センサ(750、850)を備え、前記第1の温度センサ(750、850)は、前記第1の書き込み電流を調整し、前記メモリアレイ(100)内の温度変動を補償するための出力を与え、前記第2の電流源(700、800)は、前記第2の導体(120)に選択的に結合されることからなる、メモリデバイス。
2. 前記第1の温度センサ(750、850)は、温度とともに変動する抵抗を有する複数の能動デバイス(752、852)を含む、上項1に記載のメモリデバイス。
3. 前記第1の温度センサ(750、850)は、前記第1の電流源(700、800)の制御要素(764、864)に結合される、上項1に記載のメモリデバイス。
4. 前記制御要素(764、864)は基準電流の流れを制御する、上項3に記載のメモリデバイス。
5. 前記電流源(700、800)は、前記基準電流から前記第1の書き込み電流を生成する、上項7に記載のメモリデバイス。
6. 前記第1の温度センサ(750、850)は、第1の書き込み電流が生成される間に前記出力を与える、上項1に記載のメモリデバイス。
7. 前記第2の電流源(700、800)は、前記メモリアレイ(100)の温度を検知するために配置される第2の温度センサ(750、850)を備え、前記第2の温度センサ(750、850)は、前記第2の電流源(700、800)によって生成される第2の書き込み電流を調整し、前記メモリアレイ(100)内の温度変動を補償するための出力を与える、上項1に記載のメモリデバイス。
8. メモリデバイス(50)において書き込み電流を生成する方法であって、前記メモリデバイス(50)は、メモリセル(130)のアレイ(100)と、前記メモリセル(130)に結合される複数の第1の導体と、前記

16

メモリセル(130)に結合される複数の第2の導体(120)と、少なくとも1つの温度センサ(750、850)を有する少なくとも1つの電流源(700、800)とを備え、前記方法は、書き込み電流が前記第1の導体(110)のうちの1つに流れることができるようにするステップと、前記電流源(700、800)の前記温度センサ(750、850)からの出力を受け取るステップと、前記温度センサ(750、850)からの前記出力を用いて、前記書き込み電流を生成するステップを含む、方法。

9. 前記温度センサ(750、850)からの出力を受け取る前記ステップは、前記電流源(700、800)の制御要素(764、864)において、前記温度センサ(750、850)の電圧を受け取るステップを含む、上項8に記載の方法。10. 前記書き込み電流を生成する前記ステップは、前記書き込み電流が生成される間に、該書き込み電流を調整するステップを含む、上項8に記載の方法。

【0074】本発明のメモリデバイス(50)は、基板を有するメモリアレイ(100)、基板上に配置されたメモリセル(130)のアレイ、メモリセルに結合された行導体(110)、メモリセル(130)に結合された列導体(120)を備える。メモリデバイス(50)は、また、メモリアレイ(100)の温度変化にตอบสนองする可変の書き込み電流を生成する電流源(700,800)を備える。可変の書き込み電流は、アレイの温度が変化するに従い変化するメモリセル(130)の保持力の変化を調整するように生成される。電流源(700,800)は、書き込み電流を正確に調整することができるようにするために、電流センサに対して連続的かつ即時に出力を提供する温度センサ(750,850)を備えることができる。メモリデバイス(50)の動作を停止して電流源を較正する必要はない。さらに、電流源(700,800)は、書き込み電流を正確に調整することができる。なぜなら、出力を生成するために温度センサによって使用される温度を、書き込み電流の生成と同時に取得することができるからである。

【0075】

【発明の効果】本発明によれば、過度に複雑にすることなく、メモリアレイ内の保磁力の変化を正確に補償することができるメモリデバイスを実現することができる。

【図面の簡単な説明】

【図1】従来のメモリアレイを示す図である。

【図2】従来のメモリセルの二値状態を示す図である。

【図3】メモリデバイスの一実施形態の概略図である。

【図4】メモリセルについての、保磁力、すなわち臨界切替え電流対温度のグラフである。

【図5】メモリセル切替え曲線を示す図である。

【図6】温度変動に対する書き込み電流による補償を示すプロセス図である。

【図7】第1の実施形態による電流源の概略図である。

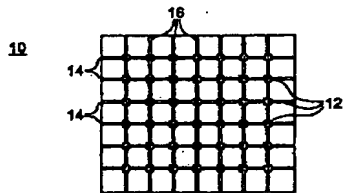
17

【図8】第2の実施形態による電流源の概略図である。
 【図9】図3に示すメモリアレイについての書き込み動作を示す概略図である。
 【図10】図3に示すメモリアレイについての代替の書き込み動作を示す概略図である。
 【図11】書き込み電流を生成するための方法を示す流れ図である。
 【符号の説明】

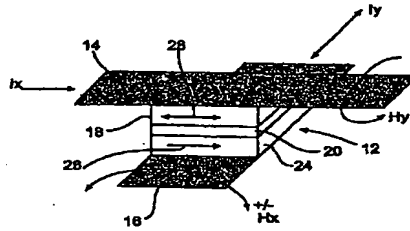
* 50 メモリデバイス
 100 メモリアレイ
 110 行導体
 120 列導体
 130 メモリセル
 700、800 電流源
 750、850 温度センサ

*

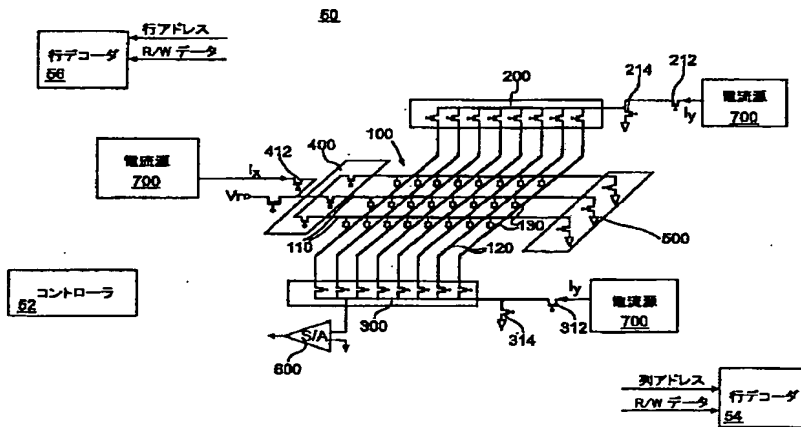
【図1】



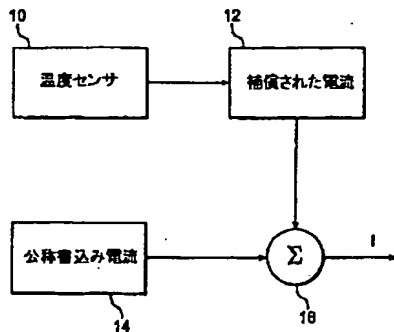
【図2】



【図3】

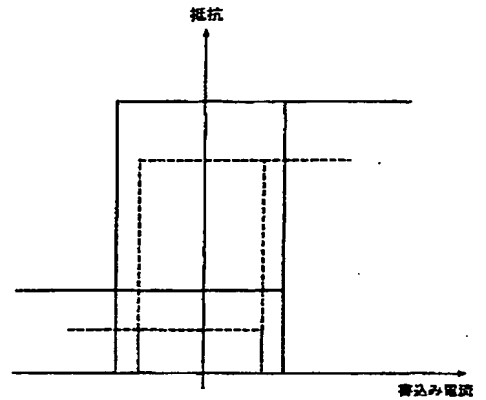


【図6】

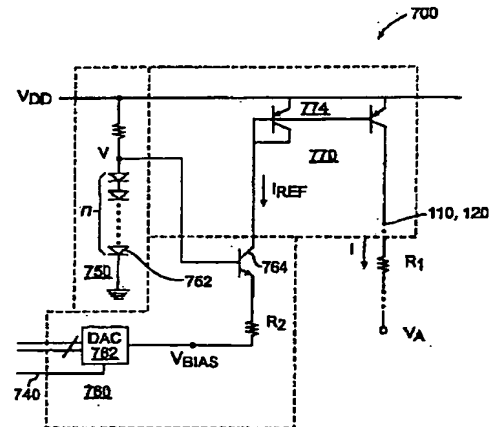


18

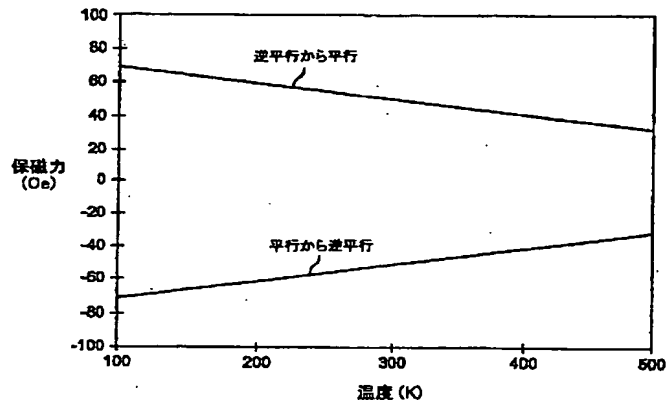
【図5】



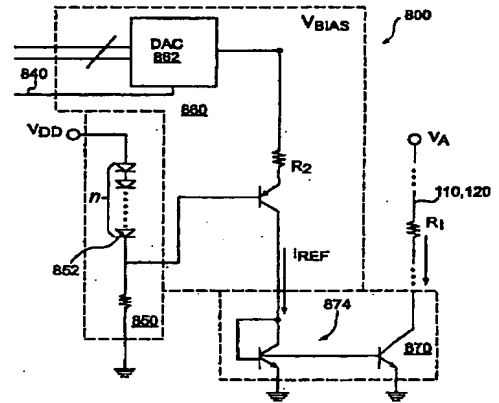
【図7】



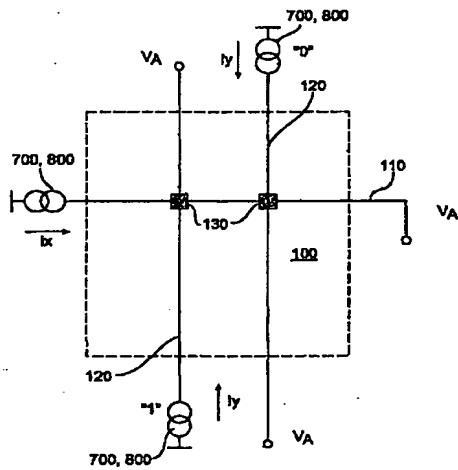
【図4】



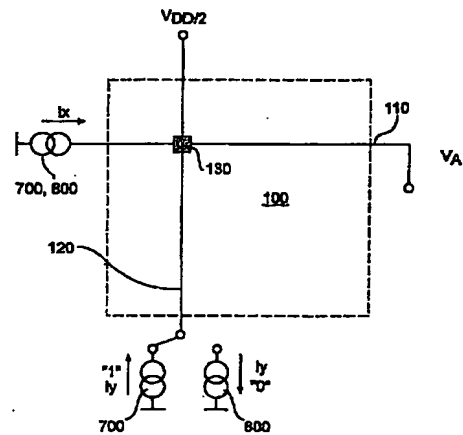
【図8】



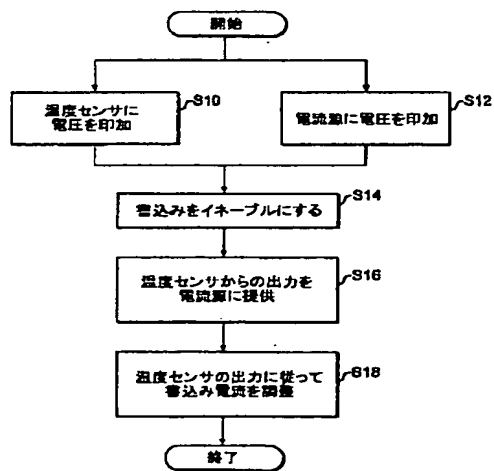
【図9】



【図10】



【図11】



フロントページの続き

(72)発明者 マノイ・ケイ・バッタチャーヤ
アメリカ合衆国カリフォルニア州95014,
クパチーノ, パーム・アベニュー・22434